

УДК 663.916.1-02

КРАВЧЕНКО Михайло,

д. т. н., професор, завідувач кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету

РИБЧУК Лариса,

аспірант кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету

СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЦУКРОВИХ ПАСТ

Досліджено структурно-механічні властивості цукрової пасти з використанням молочної сироватки сухої демінералізованої. Встановлено її вплив на деформаційні характеристики цукрових паст. Визначено раціональну кількість молочної сироватки сухої демінералізованої в рецептурах цукрових паст і напрями її технологічного використання.

Ключові слова: цукрова паста, молочна сироватка суха демінералізована, загальна деформація, умовно-миттєвий модуль пружності, високоеластичний модуль, пластична в'язкість, в'язкість пружної післядії.

Кравченко М., Рыбчук Л. Структурно-механические свойства сахарных паст. Исследованы структурно-механические свойства сахарной пасты с использованием молочной сыворотки сухой деминерализованной. Установлено ее влияние на деформационные характеристики сахарных паст. Определено рациональное количество молочной сыворотки сухой деминерализованной в рецептурах сахарных паст и направления ее технологического использования.

Ключевые слова: сахарная паста, молочная сыворотка сухая деминерализованная, общая деформация, условно-мгновенный модуль упругости, высокоэластичный модуль, пластическая вязкость, вязкость упругого последействия.

Постановка проблеми. Цукрові оздоблювальні напівфабрикати для кондитерських виробів мають стабільно зростаючий попит серед виробників кондитерської продукції. Найбільш поширеними серед них є цукрові пасти, що пояснюється, зокрема, їх невисокою собівартістю. Однак вони не повною мірою задовольняють споживачів: переважно через високі енергетичну цінність, глікемічний індекс і коефіцієнт солодкості, адже на 90 % пасти складаються з цукру.

Рецептурний склад і технологія цукрових паст тривалий час не удосконалювалася. Виготовлена за традиційною технологією, така паста має досить крихку консистенцію, швидко обвітрюється і розтріскується, не має відповідної розтяжності й пластичності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових і патентних джерел довів відсутність досліджень щодо визначення структурно-механічних властивостей цукрової пасти, оскільки використовують традиційну пасту переважно у вигляді штампованих фігурних елементів. Щодо асортименту цукрових паст українського виробництва встановлено, що лише одне підприємство – ПП "Фабрика кондитерських прикрас" ТМ "Україна" (м. Рівне) [1] – виготовляє цукрову пасту, а великий попит на цю продукцію задовольняється переважно імпортованими поставками.

Унаслідок аналізу рецептурного складу цукрових паст закордонного виробництва виявлено, що окрім традиційного загущувача – желатину, широко використовуються: Е 469 (карбоксиметилцелюлоза, або целюлозна камедь), Е 419 (гуміарабік), Е 412 (гуарова камедь), Е 413 (трагакантова камедь). Для відбілювання цукрових паст і прискорення процесу висихання додають Е 334 (винну кислоту). Як вологотримувальний агент використовують гліцерин. Для запобігання рекристалізації цукру та збільшення в'язкості й еластичності маси до рецептури включено сироп глюкози. У цукрових пастах, які використовують для моделювання фігурних виробів різної складності, неодмінною складовою є жировий компонент – масло какао чи пальмоядрове масло, що надає масі пластичності й подовжує час використання пасти в технологічному процесі [2–4].

На сьогодні вітчизняні виробники мають вирішувати важливі питання щодо конкурентної спроможності. Одним із них є запровадження інноваційних технологій в оздобленні кондитерських виробів. Саме тому виникає потреба в створенні високоякісних цукрових паст на основі вітчизняної сировинної бази. Проте домінуючою проблемою наразі є удосконалення вітчизняної технології цукрових паст з метою регулювання структурно-механічних характеристик, поліпшення смакових властивостей, підвищення харчової, біологічної та зниження енергетичної цінності за рахунок використання продуктів переробки молока, а саме – молочної сироватки сухої демінералізованої (МССД).

МССД – це новий продукт на українському ринку, який ще не набув широкого застосування. Проте за рахунок високої харчової

цінності він є перспективним рецептурним компонентом у технологіях оздоблювальних напівфабрикатів. Використання МССД визначається її складом і функціональними властивостями: при виробництві кондитерських виробів (як заміник згущеного або сухого молока), вершкової карамелі, ірису, помадки, глазури, шоколаду [5–10].

Мета роботи – визначення раціональної концентрації молочної сироватки сухої демінералізованої в складі цукрових паст на основі дослідження їхніх структурно-механічних властивостей.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – технологія цукрових паст із молочною сироваткою сухою демінералізованою.

Предмет дослідження – цукрова паста, виготовлена за традиційною технологією [11], та із заміною 10, 20, 30, 40, 50 % цукрової пудри на МССД.

Основна сировина – молочна сироватка суха демінералізована за ТУ У 15.5-00419880-089:2014 (АО "Молочний альянс" (м. Золотоноша); патока крохмальна за ДСТУ 4523:2006; желатин харчовий за ГОСТ 11293–89; цукрова пудра за ГОСТ 3136–2008.

Дослідження структурно-механічних властивостей зразків цукрових паст проведено на плоскопаралельному пластомері Толстого, яке засновано на визначенні деформації зсуву, віднесеного до товщини зразка [12]. Перше значення абсолютної деформації одержується мікроскопуванням миттєво, щойно навантаження починає діяти на верхню пластину. Після цього з періодичністю 1 хв знімається значення абсолютної деформації протягом 10 хв. Подальші спостереження ведуться з періодичністю 5 хв. Після зняття навантаження фіксується миттєва деформація, а потім знімаються показники приладу з періодичністю 1 хв протягом 10 хв. Під час дослідження структурно-механічних характеристик модельних систем підбирається фіксоване навантаження для всіх систем, що становить 65 г, а також забезпечується однакова температура (+6 °С) і висота зразків (7 мм).

Для визначення структурно-механічних показників побудовано залежність відносної деформації від часу дії напруги (рис. 1).

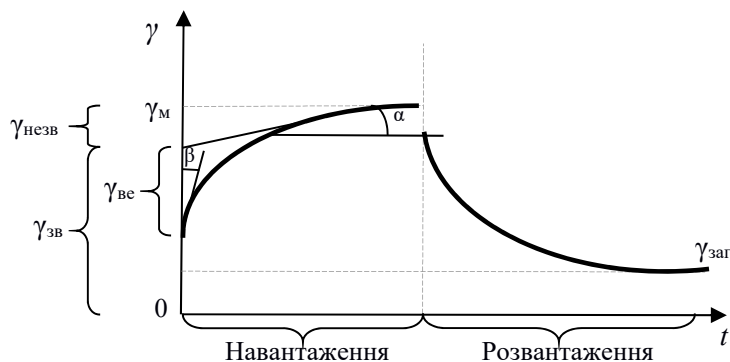


Рис. 1. Крива повзучості досліджуваного зразка під дією прикладеної напруги зсуву

Розтяжність досліджуваних зразків визначено за допомогою лінійки, розтягуючи зразки цукрових паст уздовж до моменту розриву.

Для оцінки достовірності одержаних результатів визначено достовірність відхилення, величина якого має бути не більше 0.05.

Результати дослідження. Цукрова паста – це концентрована суспензія, складна дисперсна мікрогетерогенна система, в якій частинки твердої дисперсної фази (цукрова пудра) взаємодіють із в'язко-рідким дисперсійним середовищем (вода + желатин + патока), утворюючи просторові структури.

МССД отримана із підсирної сироватки з 90 %-м рівнем демінералізації – це тонкодисперсний порошок світло-жовтого кольору, солодкий, без сторонніх присмаків і запахів, на 76 % складається з лактози. Солодкість лактози в 5 разів нижча порівняно з цукрозою, вона менш гігроскопічна й більш сипуча, ніж цукроза, має високу водопоглинальну здатність. Енергетична цінність лактози в 2 рази менше, ніж цукрози. Лактозу можна вживати хворим на цукровий діабет, оскільки її глікемічний індекс у 1.5 раза менший, ніж цукрози [13].

Демінералізація молочної сироватки з використанням електродіалізу уможливує видалення із підсирної та кислої молочної сироваток до 90 % золи й 50 % молочної кислоти, отримання продукту із заданим складом і властивостями, кислотністю, високим ступенем розчинності, низькою гігроскопічністю, підвищеним вмістом білка, поліпшеними органолептичними показниками [5–10].

Визначено відносну деформацію досліджуваних зразків (табл. 1) за формулою:

$$\gamma = \frac{k \cdot n}{d},$$

де k – ціна поділки мікроскопа, м;

n – число поділок у шкалі мікроскопа;

d – товщина зразка, м.

За отриманими даними побудовано залежність відносної деформації від часу дії напруги, криві повзучості цукрових паст контрольного й досліджуваних зразків (рис. 2).

Одержані дані свідчать, що збільшення концентрації МССД суттєво впливає на консистенцію цукрових паст. Повзучість – явище незворотного зростання деформації тіла з часом при сталому навантаженні. Деформація тіла, що виникає унаслідок повзучості, має незворотний характер і пов'язана з пластичністю. Отже, збільшення концентрації МССД у складі цукрових паст суттєво змінює їхні структурно-механічні властивості.

Далі на основі отриманих даних кривих повзучості (див. рис. 2) контрольного і досліджуваних зразків цукрової пасти з МССД розраховано їхні основні структурно-механічні властивості (табл. 2).

Таблиця 1

Показники відносної деформації цукрових паст з МССД ($n = 5; P \leq 0.05$)

Час, хв	Контроль		Зразки з додаванням МССД, %														
			10			20			30			40			50		
	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	n	$\gamma \cdot 10^{-3}$	
0	0.19	31.67	0.34	48.57	0.5	83.33	0.6	85.71	0.70	100.00	0.80	114.29	0.70	100.00	0.80	114.29	
0.5	0.32	53.33	0.92	131.43	1.06	176.67	1.01	144.29	1.32	188.57	1.78	254.29	1.32	188.57	1.78	254.29	
1.0	0.39	65.00	1.10	157.14	1.24	206.67	1.20	171.43	1.54	220.00	1.96	280.00	1.54	220.00	1.96	280.00	
1.5	0.42	70.00	1.18	168.57	1.35	225.00	1.29	184.29	1.71	244.29	2.20	314.29	1.71	244.29	2.20	314.29	
2.0	0.44	73.33	1.24	177.14	1.44	240.00	1.36	194.29	1.83	261.43	2.42	345.71	1.83	261.43	2.42	345.71	
3.0	0.46	76.67	1.36	194.29	1.55	258.33	1.51	215.71	1.95	278.57	2.54	362.86	1.95	278.57	2.54	362.86	
5.0	0.48	80.00	1.41	201.43	1.64	273.33	1.57	224.29	2.10	300.00	2.63	375.71	2.10	300.00	2.63	375.71	
10	0.49	81.67	1.53	218.57	1.75	291.67	1.84	262.86	2.24	320.00	2.87	410.00	2.24	320.00	2.87	410.00	
15	0.50	83.33	1.61	230.00	1.84	306.67	2.02	288.57	2.32	331.43	3.01	430.00	2.32	331.43	3.01	430.00	
20	0.51	85.00	1.69	241.43	1.90	316.67	2.24	320.00	2.39	341.43	3.23	461.43	2.39	341.43	3.23	461.43	
25	0.52	86.67	1.75	250.00	1.91	318.33	2.25	321.43	2.40	342.86	3.38	482.86	2.40	342.86	3.38	482.86	
30	0.53	88.33	1.79	255.71	1.92	320.00	2.26	322.86	2.41	344.29	3.39	484.29	2.41	344.29	3.39	484.29	
40	0.55	91.67	1.80	257.14	1.93	321.67	2.27	324.29	2.42	345.71	3.40	485.71	2.42	345.71	3.40	485.71	
50	0.56	93.33	1.81	258.57	1.94	323.33	2.28	325.71	2.43	347.14	3.41	487.14	2.43	347.14	3.41	487.14	
60	0.57	95.00	1.82	260.00	1.95	325.00	2.29	327.14	2.44	348.57	3.42	488.57	2.44	348.57	3.42	488.57	
70	0.58	96.67	1.83	261.43	1.96	326.67	2.30	328.57	2.45	350.00	3.43	490.00	2.45	350.00	3.43	490.00	
80	0.59	98.33	1.84	262.86	1.97	328.33	2.31	330.00	2.46	351.43	3.44	491.43	2.46	351.43	3.44	491.43	
90	0.60	100.00	1.85	264.29	1.98	330.00	2.32	331.43	2.47	352.86	3.45	492.86	2.47	352.86	3.45	492.86	

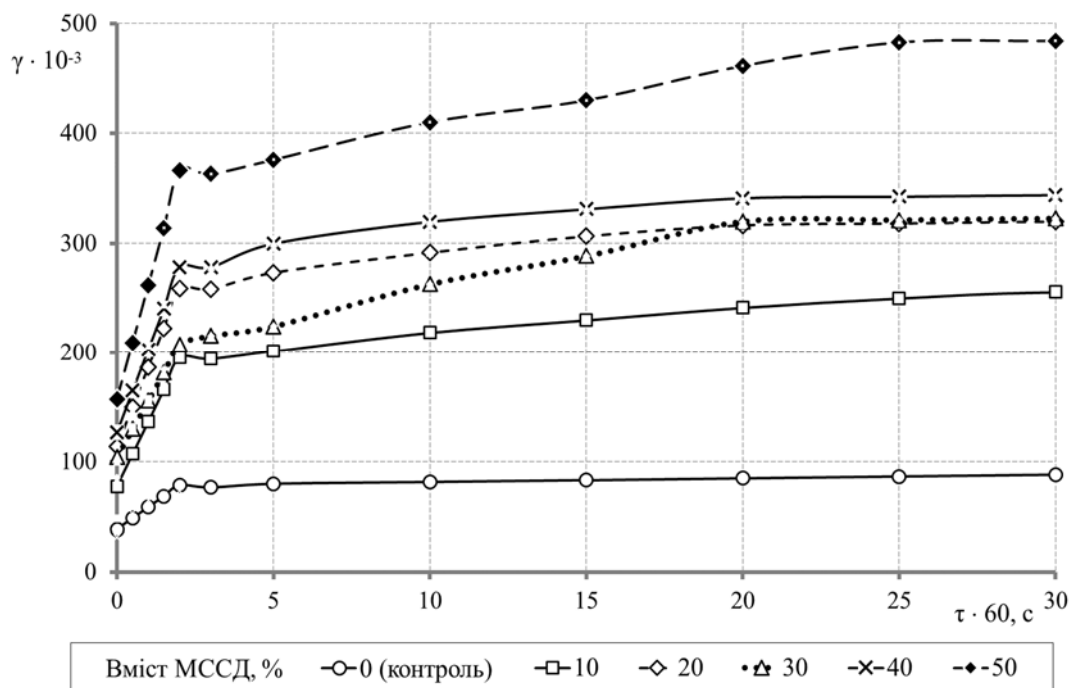


Рис. 2. Криві повзучості цукрових паст

Таблиця 2

Структурно-механічні властивості цукрових паст з МССД ($n = 5$; $P \leq 0.05$)

Найменування показника	Позначення	Контроль	Зразки з додаванням МССД, %				
			10	20	30	40	50
Зворотна деформація, 10^{-3}	$\gamma_{зв}$	85.00	251.43	315.00	318.57	340.00	480.00
Незворотна деформація, 10^{-3}	$\gamma_{нез}$	15.00	12.86	15.00	12.86	12.86	12.86
Загальна деформація, 10^{-3}	$\gamma_{заг}$	100.00	264.29	330.00	331.43	352.86	492.86
Напруження зсуву, Па	τ	425.00	425.10	425.10	425.10	425.10	425.10
Піддатливість, Па^{-3}	I	$2.35 \cdot 10^{-4}$	$6.22 \cdot 10^{-4}$	$7.76 \cdot 10^{-4}$	$7.80 \cdot 10^{-4}$	$8.30 \cdot 10^{-4}$	$1.16 \cdot 10^{-3}$
Умовно-миттєвий модуль пружності, Па	$G_{пр}$	10 993.97	5470.04	3728.95	4065.16	3343.48	2705.18
Вискоеластичний модуль, Па	$G_{ел}$	9174.82	2447.12	2114.93	1986.45	1997.11	1316.68
Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\dot{\eta}^*0$	$1.53 \cdot 10^8$	$1.79 \cdot 10^8$	$1.53 \cdot 10^8$	$1.79 \cdot 10^8$	$1.79 \cdot 10^8$	$1.79 \cdot 10^8$
Відношення деформації зворотної до загальної	K	0.85	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97
В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\dot{\eta}_{пр}$	1275300.00	433 354.37	352 617.51	495 950.00	336 871.70	243 909.84

За результатами досліджень визначено, що загальна деформація цукрових паст з МССД у 2.6–4.9 раза вище, ніж у контролі.

Розділення загальної деформації на зворотну й незворотну проведено екстраполяцією лінійної ділянки графіка $\gamma = f(t)$ на вісь ординат (див. рис. 2). Повністю зворотна відносна деформація ($\gamma_{зв}$) є сумою умовно-миттєвої та високоеластичної деформації й зростає в 2.9–5.6 раза вище за цей показник для контролю. Незворотна відносна деформація ($\gamma_{нез}$), яка виникає унаслідок розвитку пластичних деформацій матеріалу, зростає в 1.2 раза вище, ніж у контролі.

Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної ($K\gamma$) визначено за формулою:

$$K\gamma = \frac{\gamma_{зв}}{\gamma_{м}},$$

де $\gamma_{зв}$ – величина зворотної деформації;

$\gamma_{м}$ – величина максимальної деформації.

Цей коефіцієнт для контролю становив 0.85 і поступово зростав у досліджуваних зразках із підвищенням концентрації МССД до 0.97.

Напруження зсуву (τ) визначено за формулою:

$$\tau = \frac{m \cdot g}{S},$$

де m – маса вантажу, кг;

g – прискорення вільного падіння (9.81 м/с²);

S – площа пластинки, м².

Напруження зсуву – зміщення шарів матеріалу один відносно одного в напрямі дії прикладеної сили. Воно призводить до незворотної деформації. За результатами дослідження визначено напруження зсуву для контрольного і досліджуваних зразків цукрових паст, яке становить 425.0 і 425.1 Па відповідно.

Визначено здатність досліджуваних зразків до деформації під дією прикладеного напруження. Піддатливість системи (I) визначено за формулою:

$$I = \frac{\gamma_{м}}{\tau},$$

де $\gamma_{м}$ – відносна максимальна деформація.

Виходячи з розрахунків табл. 2, побудовано графіки залежності миттєвого модуля пружності, високоеластичного модуля, в'язкості пружної післядії та пластичної в'язкості від вмісту МССД в цукрових пастах.

Визначено здатність досліджуваних зразків чинити опір пропорційно його деформації. Модуль миттєвої пружності ($G_{пр}$) визначено за формулою:

$$G_{пр} = \frac{\tau}{\gamma_0},$$

де γ_0 – відносна умовно-миттєва деформація.

Залежність показників миттєвого модуля пружності від вмісту МССД представлено графіком і описується рівнянням (рис. 3).

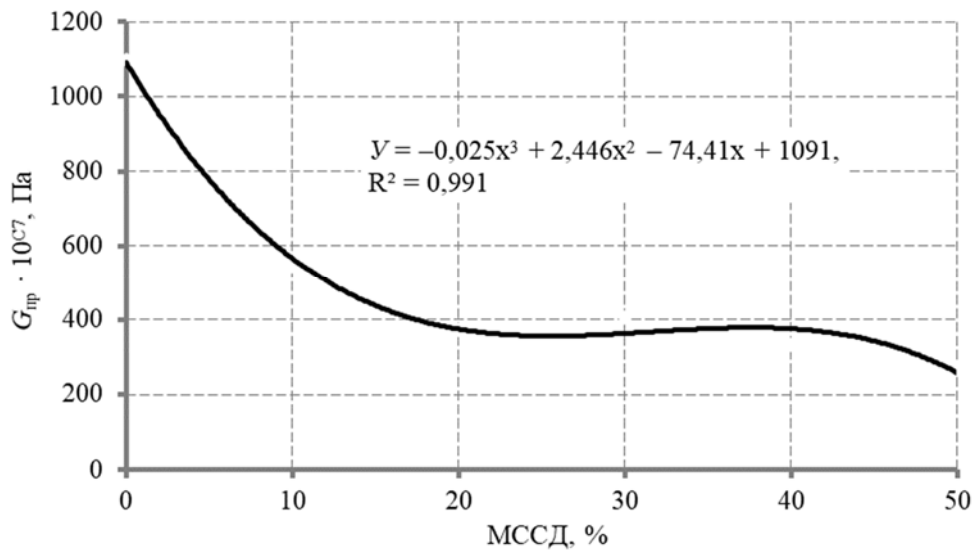


Рис. 3. Модуль пружності зразків цукрових паст з МССД

Проаналізувавши графік, можна зробити висновок, що зі збільшенням концентрації МССД зменшуються показники пружності в 2–4 рази відповідно до контрольного зразка. Спостерігається різке падіння пружності при частці сироватки 10–20 %, а в діапазоні 20–40 % суттєвих змін не відбувається.

Визначено здатність досліджуваних зразків щодо зникнення деформації з часом після зняття напруги. Її характеризує вискоеластичний модуль ($G_{ел}$), який визначено за формулою:

$$G_{ел} = \frac{\tau}{\gamma_{ве}}$$

де $\gamma_{ве}$ – відносна вискоеластична деформація.

Залежність показників вискоеластичного модуля від вмісту МССД представлено графіком і описується рівнянням (рис. 4).

Проаналізувавши графік, можна зробити висновок, що показники вискоеластичного модуля зберігають тенденцію пружного модуля. Зі збільшенням концентрації МССД зменшуються показники еластичності в 3.7–7.0 рази відповідно до контрольного зразка. Спостерігається різке падіння еластичності при частці сироватки 10–20 %, а в діапазоні 20–40 % суттєвих змін не відбувається.

Визначено коефіцієнт для досліджуваних зразків, який відповідає зоні пружної деформації й характеризує внутрішнє тертя з градієнтом швидкості. В'язкість пружної післядії ($\dot{\eta}_{пр}$) визначено за формулою:

$$\dot{\eta}_{пр} = \frac{\tau}{\text{tg} \beta}$$

де $\text{tg} \beta$ – кут нахилу початкової лінійної ділянки кривої до осі абсцис (див. рис. 2).

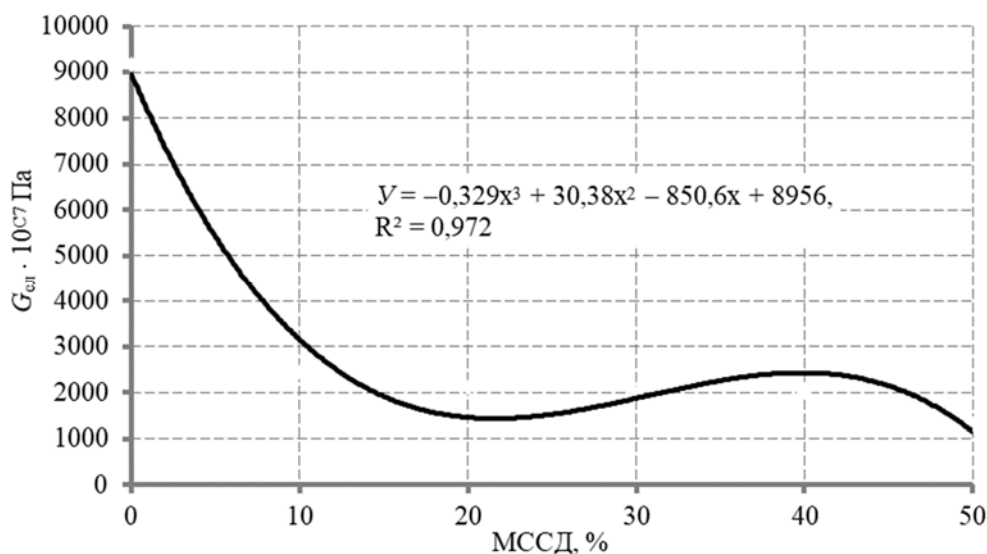


Рис. 4. Вискоеластичний модуль цукрових паст з МССД

Залежність показників в'язкості пружної післядії від вмісту МССД представлено графіком і описується рівнянням (рис. 5).

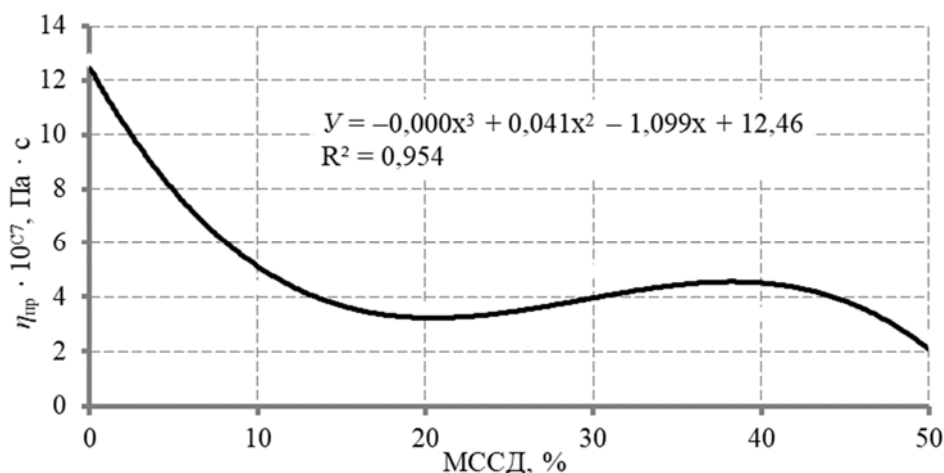


Рис. 5. Показники в'язкості пружної післядії цукрових паст з МССД

Із даних графіка видно, що тенденція змін зберігається – різко падають показники в'язкості пружної післядії при додаванні 10 % МССД майже в 3 рази відповідно до контролю, далі вони поступово знижуються у 5 разів.

Визначено коефіцієнт для досліджуваних зразків, який характеризує властивість структурованого стану текти без руйнування під дією постійного напруження. Пластичну в'язкість ($\dot{\eta}^*0$) визначено за формулою:

$$\dot{\eta}^*0 = \frac{\tau}{\text{tg}\alpha},$$

де $\text{tg}\alpha$ – кут нахилу кінцевої лінійної ділянки кривої до осі абсцис (див. рис. 2).

Залежність показників пластичної в'язкості від вмісту МССД представлено графіком і описується рівнянням (рис. 6).

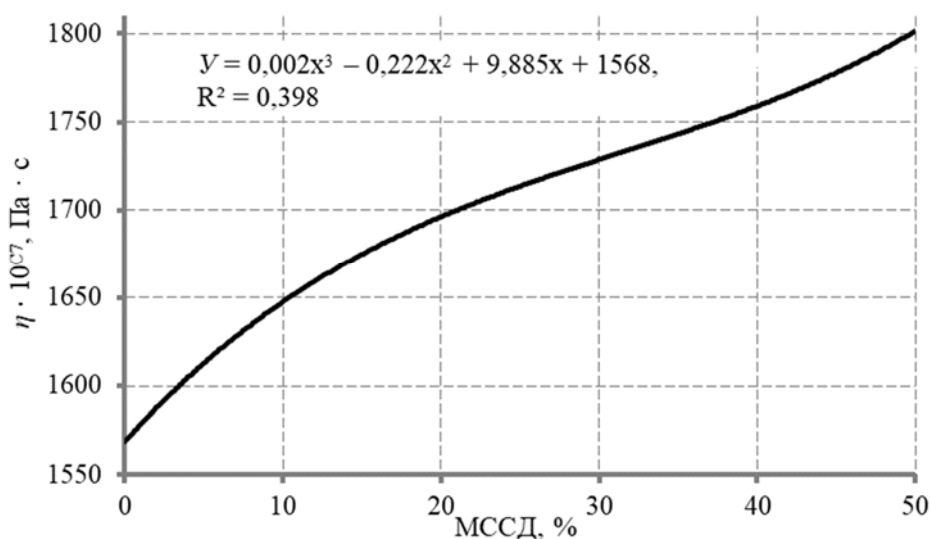


Рис. 6. Показники пластичної в'язкості цукрових паст з МССД

Пластична в'язкість досліджуваних зразків збільшилась у 3.5 раза відповідно до контролю і майже не залежить від концентрації сироватки.

Визначено здатність контрольних і досліджуваних зразків цукрової пасти з молочною сироваткою сухою демінералізованою розтягуватися в довжину (рис. 7).

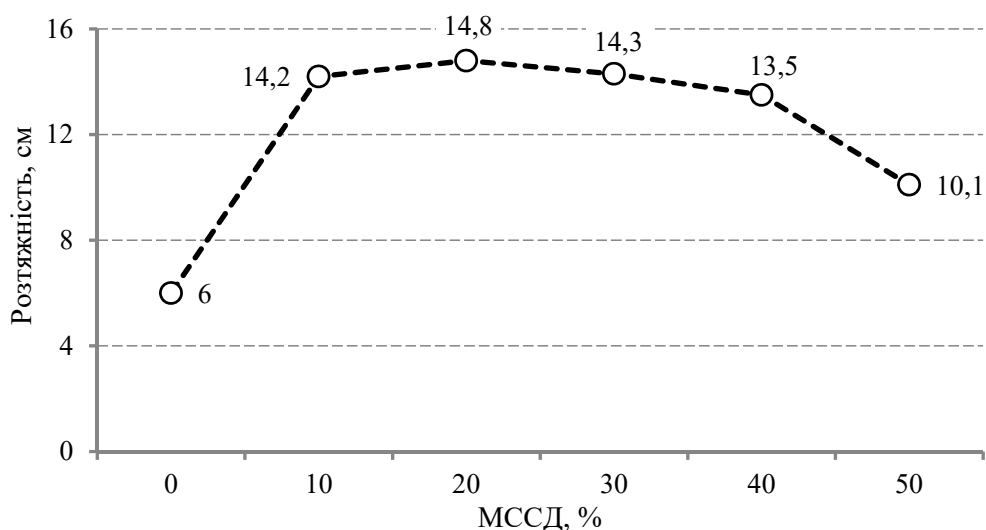


Рис. 7. Показники розтяжності цукрових паст з МССД

Замінюючи 10 % цукрової пудри в контрольному зразку на молочну сироватку вдалося збільшити розтяжність цукрової пасти в 2.3 раза, далі при збільшенні концентрації до 30 % суттєвих змін не відбувається.

Із підвищенням концентрації до 50 % показники розтяжності знижуються в 1.4 раза порівняно з вмістом 30 % МССД.

Отже, заміна 10 % цукрової пудри на МССД зменшує показники модуля пружності в 2 рази, високоеластичного модуля – в 3.7 раза, в'язкість пружної післядії – в 2.9 раза й збільшує показники пластичної в'язкості в 3.5 раза відповідно до контрольного зразка.

Додавання 20 % МССД до цукрових паст зменшує показники модуля пружності в 2.9 раза, високоеластичного модуля – в 4.3 раза, в'язкість пружної післядії – в 3.6 раза відповідно контролю. У результаті отримуємо цукрову пасту з підвищеними показниками пластичності, яку можна використовувати для покриття поверхонь тортів, тістечок, пряників, моделювання простих фігур, композицій і прикрас. Цукрова паста добре розкачується, не рветься, не тріскається, оскільки має набагато кращі розтяжні властивості та знижені пружно-еластичні порівняно з контрольним зразком.

Додаючи 30 % МССД до цукрових паст, зменшуються показники модуля пружності в 2.7 раза, високоеластичного модуля – в 4.6 раза, в'язкість пружної післядії – в 2.5 раза та зростають показники пластичної в'язкості в 3.5 раза порівняно з контролем. У цьому випадку отримуємо цукрову пасту, яка тонко розкатується, швидко сохне й добре тримає форму. Її доцільно використовувати для моделювання квітів і прикрас.

Замінюючи 40 і 50 % цукрової пудри на МССД помітно зменшуються показники модуля пружності, високоеластичного модуля, в'язкість пружної післядії та зростають показники пластичної в'язкості в 3.5 раза порівняно з контрольним зразком (див. *табл. 2*). Водночас отримуємо базову скульптурну масу для моделювання фігур і створення каркасних основ, оскільки за цією рецептурою отримано найвищі показники піддатливості системи в роботі.

Висновки. Наведені в роботі дані підтверджують, що внесення молочної сироватки сухої демінералізованої в концентрації 20–50 % до складу цукрових паст корегує структурно-механічні властивості досліджуваних зразків.

Експериментально встановлено, що з підвищенням концентрації сироватки до 50 % зростають показники деформації, що мають незворотний характер і пов'язані з пластичністю, та різко знижуються показники пружності й еластичності, що характеризує систему цукрових паст з молочною сироваткою сухою демінералізованою як більш піддатливу в роботі.

Рекомендовано зразок пасти із заміною 20 % цукрової пудри на МССД для покриття кондитерських виробів, із заміною 30 % МССД – для виготовлення цукрових квітів, 50 % МССД – як базову скульптурну масу для моделювання фігур і створення каркасних основ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Фабрика* кондитерських прикрас "Україна". URL : <http://www.ukrasa.com.ua>.
2. *Інтернет-магазин* та магазин роздрібної торгівлі кондитерської сировини та інструментів ТМ "Галетте Трейд". URL : <https://galette.com.ua/g1236383-mastika-martsipan-tsvetochnaia>.
3. *Інтернет-магазин* та магазин роздрібної торгівлі кондитерської сировини та інструментів "Золотої трюфель". URL : <https://tortodel.com.ua/ingredienty/mastika-dlya-torta/mastika-dlya-modelirovaniya-chernaya-modecor-ror-5-kg.html?mfp=39-tip-mastiki%5B%D0%94%D0%BB%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D>.
4. *Інтернет-магазин* кондитерської сировини та інструментів Farina. URL : <https://tortodel.com.ua/ingredienty/mastika-dlya-torta/mastika-dlya-modelirovaniya-chernaya-modecor-ror-5-kg.html?mfp=39-tip-mastiki%5B%D0%94%D0%BB%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D>.
5. *Храмцов А. Г.* Феномен молочної сыворотки : монографія. СПб. : СП "Профессия", 2011. 804 с.
6. *Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г.* Технология продуктов из молочной сыворотки : учеб. пособ. М. : ДеЛиПринт, 2004. С. 587.
7. *Храмцов А. Г., Евдокимов И. А., Нестеренко П. Г.* Инновационные приоритеты использования молочной сыворотки на принципах логистики безотходных технологий. Молочная пром-сть. 2008. № 11. С. 28–30.
8. *Евдокимов И. А., Володин Д. Н., Головкина М. В., Золотарева М. С., Топалов В. К.* Обработка молочного сырья мембранными методами. Молочная пром-сть. 2012. № 2. С. 34–37.
9. *Гондар О. П., Романчук І. О.* Зміна мінерального складу сухої молочної сироватки за різних методів оброблення : зб. наук. пр. Вінниць. нац. аграрного ун-ту. 2015. С. 94.
10. *Мінова А. В., Романчук І. О.* Переробка молочної сироватки із застосуванням електродіалізої обробки. Вісн. аграрної науки. 2010. С. 58–60.
11. *Гуленко Л., Сібілева Е., Животкевич Л.* Рецептури: торти, тістечка бісквітні, перекаденці, рулети. Київ : Укрхлібпром, 2013. 600 с.
12. *Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О., Погожих М. І., Полевич В. В., Гурський П. В.* Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посіб. Харків : Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі, 2006. 63 с.
13. *Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О., Карпачов В. В.* Підсолоджуючі речовини у харчуванні людини : монографія. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2004. 446 с.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2018.

Kravchenko M., Rybchuk L. Structural and mechanical properties of sugar paste.

Background. Today, Ukrainian producers have to solve important issues regarding competitiveness. One of them is the introduction of innovative technologies in decorating confectionery. The most important problem is to improve domestic technology of sugar paste in order to regulate structural and mechanical characteristics,

improving flavouring properties, nutritional, biological and reducing energy value due to using of dairy products processing, namely milk serum of dry demineralization (MSDD).

The aim of the work is to determine the rational concentration of the milk serum of dry demineralization in sugar paste's structure on the basis of study of their structural and mechanical properties.

Material and methods. The investigation of the structural and mechanical properties of sugar paste's samples is carried out on a plane-parallel elastomer by Tolstoy, which is based on the determination of the displacement deformation, marked to the thickness of the sample. During the investigation of structural and mechanical characteristics of model systems, a fixed load for all systems that contains 65 g, the same temperature (+6 °C) and samples' height (7 mm) are provided.

Results. It has been experimentally determined that with an increase of milk serum concentration up to 50 %, deformation rates increase that are irreversible and connected with plasticity, and the indices of elasticity and flexibility sharply decrease, which characterizes sugar paste system with milk serum of dry demineralization as more suitable for work.

The sample of paste with the replacement of 20 % sugar powder with MSDD is recommended to cover confectionery products, with the replacement of 30 % MSDD to produce sugar flowers, 50 % MSDD as the base for sculptural mass for modelling shapes and creation of framework bases.

Conclusion. The given information confirms, that adding milk serum of dry demineralization into concentration of 20–50 % in the structure of sugar pastes adjusts the structural and mechanical properties of the samples.

Keywords: sugar paste, dry demineralized milk serum, general deformation, conditional and moment modulus of elasticity, highly elastic modulus, plastic viscosity, after effect elastic viscosity.

REFERENCES

1. *Fabryka kondyters'kyh prykras "Ukrasa"*. URL : <http://www.ukrasa.com.ua>.
2. *Internet-magazyn ta magazyn rozdribnoi' torgivli kondyters'koi' syrovyny ta instrumentiv TM "Galette Trejd"*. URL : <https://galette.com.ua/g1236383-mastika-martsipan-tsvetochynaya>.
3. *Internet-magazyn ta magazyn rozdribnoi' torgivli kondyters'koi' syrovyny ta instrumentiv "Zolotoj trjufel"*. URL : <https://tortodel.com.ua/ingredyenty/mastika-dlya-torta/mastika-dlya-modelirovaniya-chernaya-modecor-ror-5-kg.html?mfp=39-tip-mastiki%5B%D0%94%D0%BB%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D>.
4. *Internet-magazyn kondyters'koi' syrovyny ta instrumentiv Farina*. URL : <https://tortodel.com.ua/ingredyenty/mastika-dlya-torta/mastika-dlya-modelirovaniya-chernaya-modecor-ror-5-kg.html?mfp=39-tip-mastiki%5B%D0%94%D0%BB%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D>.
5. *Hramcov A. G. Fenomen molochnoj syvorotki : monografija*. SPb. : SP "Professija", 2011. 804 s.
6. *Hramcov A. G., Nesterenko P. G. Tehnologija produktov iz molochnoj syvorotki : ucheb. posob. M. : DeLiprint, 2004. S. 587.*
7. *Hramcov A. G., Evdokimov I. A., Nesterenko P. G. Innovacionnye priorityetny ispol'zovanija molochnoj syvorotki na principah logistiki bezothodnyh tehnologij. Molochnaja prom-st'. 2008. № 11. S. 28–30.*

8. *Evdokimov I. A., Volodin D. N., Golovkina M. V., Zolotareva M. S., Topalov V. K.* Obrabotka molochnogo syr'ja membrannymi metodami. *Molochnaja prom-st'*. 2012. № 2. S. 34–37.
9. *Gondar O. P., Romanchuk I. O.* Zmina mineral'nogo skladu suhoi' molochnoi' syrovatky za riznyh metodiv obrobljannja : zb. nauk. pr. Vinnyc'. nac. agrarnogo un-tu. 2015. S. 94.
10. *Minorova A. V., Romanchuk I. O.* Pererobka molochnoi' syrovatky iz zastosuvannjam elektrodializnoi' obrobky. *Visn. agrarnoi' nauky*. 2010. S. 58–60.
11. *Gulenko L., Sibiljeva E., Zhyvotkevych L.* Receptury: torty, tistechka biskvitni, perekladenci, rulety. Kyi'v : Ukrhlibprom, 2013. 600 s.
12. *Goral'chuk A. B., Pyvovarov P. P., Grynchenko O. O., Pogozhyh M. I., Polevych V. V., Gurs'kyj P. V.* Reologichni metody doslidzhennja syrovyny i harchovyh produktiv ta avtomatyzacija rozrahunkiv reologichnyh harakterystyk : navch. posib. Harkiv : Hark. derzh. un-t harch. ta torgivli, 2006. 63 s.
13. *Peresichnyj M. I., Kravchenko M. F., Karpenko P. O., Karpachov V. V.* Pidsolodzhujuchi rehovyny u harchuvanni ljudyny : monografija. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2004. 446 s.